

文章编号:1007-2780(2022)10-1317-09

光刻胶剥离制程中的寄生栅极效应

刘 丹^{1,2}, 黄中浩^{1*}, 刘 毅³, 吴 旭¹, 闵泰烨¹, 管 飞¹, 方 亮²,
齐成军¹, 谌 伟¹, 赵永强¹, 宁智勇¹, 方皓岚¹

(1. 重庆京东方光电科技有限公司, 重庆 400700;

2. 重庆大学 物理学院, 重庆 400044;

3. 中国科学院大学 重庆学院, 重庆 400714)

摘要:在薄膜晶体管(Thin film transistor, TFT)的公共电极制程中,有部分 TFT 样品的漏电流(I_{off})异常偏高,该部分样品经历同一个光刻胶剥离设备,导致该设备暂停流片,造成产能损失。明确该剥离设备造成 TFT 漏电流偏高的原因并予以解决,对产能和品质确保具有积极意义。本文首先收集了异常设备剥离液和正常设备的剥离液并分析成分,发现异常设备的剥离液中 Al 离子含量高。其次,发现 TFT 的 I_{off} 会随着在异常设备流片次数的增加而上升。其原因是 Al 离子在剥离制程生成 Al_2O_3 颗粒,该颗粒附着在 TFT 器件钝化层上形成寄生栅极效应,最终造成 I_{off} 增加。最后,结合 TRIZ 输出解决方案,并优选方案进行改善验证。实验结果表明,剥离液中的 Al 离子浓度由 1×10^{-8} 上升到 2.189×10^{-6} 时, I_{off} 由 3.56 pA 上升到 7.56 pA。当剥离液中含有 Al 离子,经历的剥离次数增加时, I_{off} 呈上升趋势。钝化层成膜前的等离子体处理功率增强、钝化层膜厚增加可以抑制 I_{off} 增加。由此,可以确定剥离设备造成 I_{off} 偏高的原因是剥离液中的 Al 离子形成的寄生栅极效应,钝化层成膜前处理强化和膜厚增加均可以抑制该效应。

关键词:薄膜晶体管;光刻胶剥离;Al 离子;寄生栅极效应;发明问题解决理论

中图分类号: TN321⁺.5 **文献标识码:** A **doi:** 10.37188/CJLCD.2022-0160

Parasitic gate effect in photo-resist strip process

LIU Dan^{1,2}, HUANG Zhong-hao^{1*}, LIU Yi³, WU Xu¹, MIN Tai-ye¹, GUAN Fei¹, FANG Liang²,
QI Cheng-jun¹, SHEN Wei¹, ZHAO Yong-qiang¹, NING Zhi-yong¹, FANG Hao-lan¹

(1. Chongqing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd., Chongqing 400700, China;

2. Department of Applied Physics, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

3. Chongqing school, University of Chinese Academy of Sciences,
Chongqing 400714, China)

Abstract: In the common ITO manufacturing process of TFT (Thin Film Transistor), the leakage current (I_{off}) of some samples is abnormally high, and these abnormal samples are subjected to the same photo-resist

收稿日期: 2022-05-08; **修订日期:** 2022-06-08.

基金项目: 重庆市自然科学基金(No.cstc2019jcyj-msxmX0566); 重庆京东方光电科技有限公司科技攻关项目(No.212927); 重庆大学大型仪器开放基金(202203150041)

Supported by Natural Science Foundation of Chongqing (No.cstc2019jcyj-msxmX0566), Scientific and Technological Project of Chongqing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd. (No.212927); Sharing Fund of Large Scale Equipment of Chongqing University (No.202203150041)

*通信联系人, E-mail: huangzhonghao@boe.com.cn

strip equipment. This anomaly causes the strip equipment to suspend production, resulting in a loss of mass production. It is urgent to identify the reason and solve this problem for productivity and quality assurance. Firstly, the stripper of abnormal and normal equipment are collected and analyzed, it is found that the Al ion content in the stripper corresponding to the abnormal equipment was high. Secondly, it is found that I_{off} will increase with the increase of stripping time in abnormal equipment. Then, it is proposed that Al ions in stripper are converted into Al_2O_3 particles adhered to the passivation (PVX) layer of TFT device during the stripping process, forming a parasitic gate effect which causes I_{off} to be high. Finally, a series of solutions are proposed based on TRIZ, and then verified. Experimental results show that the Al ion concentration in the stripper increases from 1×10^{-8} to 2.189×10^{-6} , and the I_{off} increases from 3.56 pA to 7.56 pA. Once the stripper contains Al ions, I_{off} increases as the number of stripping increases. The increase of I_{off} can be suppressed by two measures: enhancement of the plasma treatment power before the PVX deposition and the increase of PVX thickness. In summary, it can be determined that the abnormally high I_{off} is caused by the parasitic gate effect formed by Al ion in stripper solution, which can be suppressed by strengthening plasma treatment before PVX deposition and the increase PVX thickness.

Key words: thin film transistor; photo-resist strip; al ion; parasitic gate effect; TRIZ

1 引言

薄膜晶体管液晶显示器(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, TFT-LCD)取代 CRT 显示器后,经过十多年的发展,TFT-LCD 已经应用于各个方面,可对应大、中、小各尺寸的显示。随着显示技术的进一步发展,近些年已有有机发光二极管(Organic Light Emitting Diode, OLED)、Mini-LED 等新型显示技术相继投产。OLED 属于主动发光,响应快,器件更轻薄,兼容柔性显示,将逐步发展成为主流显示技术;但目前该技术被可靠性差、良率低、生产成本高等问题困扰,在上述问题解决之前,OLED 主要适用于中小尺寸显示。Mini-LED 由 $100 \sim 500 \mu\text{m}$ 的 LED 芯片组成,LED 芯片发出红、绿、蓝 3 种单色光,单色光叠加形成彩色显示。Mini-LED 可以直接制作成显示屏,还可以制作成背光源。Mini-LED 背光源应用于 TFT-LCD,将背光源划分为几百到几万个区域,各区域亮暗独立控制,这样便可使 TFT-LCD 达到 OLED 的显示效果。TFT-LCD 技术成熟,成本低廉,且该技术不断与量子点背光、蓝相液晶、纯色硬屏等技术融合,进一步提升综合性能,该技术在大尺寸显示领域优势明显。由此可见,在今后一段时间内,LCD、OLED 和 Mini-LED 将共存于市场,且 OLED 和 LCD 将

相互竞争发展^[1-3]。

TFT-LCD 主要由背光源和显示屏(Panel)构成,显示屏是阵列(Array)基板、彩膜(Colour Filter, CF)基板和液晶组成的“三明治”结构,阵列基板和彩膜基板位于外侧,两个基板将液晶夹在中间。阵列基板上分布着薄膜晶体管(TFT)和电路,TFT 属于核心器件^[4]。TFT 器件由栅极(Gate)、栅极绝缘层(Gate Insulator, GI)、有源层(Active, a-Si)、源漏极(Source 和 Drain, 简称 SD 电极)、钝化层(Passivation, PVX)、像素电极(PXL ITO)和公共电极(Com ITO)组成。栅极、栅极绝缘层、有源层和源漏电极组成薄膜晶体管,钝化层覆盖在晶体管上起到保护作用,公共电极提供公共电位(参考电位),像素电极与漏极连接^[5-6]。对 TFT 器件的源漏电极施加电压, V_{ds} 保持 15 V,栅极施加电压 15 V,此时 TFT 器件处于开启状态,器件中的电流为开态电流,即 I_{on} ;当 TFT 器件开启时,像素电极获得电信号,该电信号相对公共电位形成电势差,电势差驱动液晶偏转。 V_{ds} 继续保持 15 V,栅极施加电压 -8 V ,此时 TFT 器件处于关闭状态,但器件中仍有电流,即是关态电流 I_{off} ^[4]。合格的 TFT 器件, I_{on} 应足够大, I_{off} 足够小。 I_{off} 受 TFT 器件的宽长比(W/L)、栅极绝缘层的光学禁带、栅极绝缘层态密度、a-Si 厚度的影响,增加栅极绝缘层光学禁带、降低栅

极绝缘层态密度、减少 a-Si 厚度均可降低 I_{off} ^[7]。TFT 器件处于关闭状态时,背沟道位置的载流子输运形成漏电流,背沟道型漏电流和背沟道状态相关。对背沟道进行 He、N 等离子体处理,背沟道粗糙化,背沟道位置的载流子的散射程度增加,故 I_{off} 下降^[8]。此外,H 等离子体处理背沟道,既使得背沟道粗糙化,又可以钝化背沟道位置的缺陷,故 H 等离子体处理也可以降低 I_{off} ^[9]。SF₆ 和 HCl 形成等离子体进行背沟道刻蚀,Cl 侵入 Si 形成受主掺杂,抑制电子生成,亦可降低 I_{off} ^[10]。LCD 中的 TFT 器件是在光照条件下工作,抑制光照下的漏电流(Photo I_{off})同样重要。调整 a-Si 成膜参数、降低 a-Si 厚度并增加刻蚀阻挡层、a-Si 和源漏电极之间引入 n 型晶化 Si、向 a-Si 掺杂 F 或 Cl、ITO 作为源漏电极缓冲层等措施均能有效降低光照下的漏电流^[11-17]。

本文结合重庆京东方光电科技有限公司的 8.5 代产线的光刻胶剥离(Photo-resist strip, PR strip)制程,研究了公共电极光刻胶剥离工艺导致 TFT 器件 I_{off} 异常升高的问题,结合调查情况提出寄生栅极效应导致 I_{off} 偏高的观点。基于此观点,结合发明问题解决理论(TRIZ)流分析输出解决方案,筛选出可行的方案并进行验证,最终解决该问题。

2 实 验

实验在重庆京东方光电科技有限公司 8.5 代线 ADS Pro 产品的阵列产线进行。ADS Pro 产品的工艺流程如图 1 所示,依次进行 6 次图形化制程:

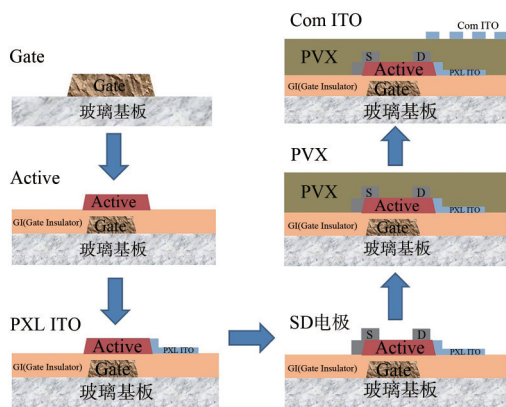


图 1 ADS Pro 产品工艺制程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of ADS Pro product process

栅极、a-Si、像素电极、源极和漏极、钝化层、公共电极。每一次图形化均是成膜→光刻→刻蚀→光刻胶剥离的过程。实验集中在钝化层成膜和公共电极的光刻胶剥离阶段。

2.1 公共电极光刻胶剥离设备异常确认与分析

按照 TFT 器件 I_{off} 高低程度监控数据对公共电极光刻胶剥离设备进行分类, I_{off} 大的 TFT 对应的设备为异常类别,其余则为正常设备,收集两种类型设备流片产品的 TFT I_{off} 数据。然后收集异常设备和正常设备的剥离液,测试剥离液中金属离子种类和浓度,确认异常设备和正常设备中剥离液中金属离子的差异。准备 TFT 样品(编号 A1~A3),公共电极光刻胶剥离前制程保持一致,仅在公共电极光刻胶剥离制程于不同金属离子浓度下进行光刻胶剥离,然后测试 TFT 性能,确认金属离子浓度与 I_{off} 的关系。前制程保持一致,将需要进行公共电极光刻胶剥离的样品(编号 A4~A6)在异常设备上进行不同次数流片,然后测试 TFT 性能,确认流片次数与 I_{off} 的关系。将完成阵列制程的 TFT 样品(编号 B1、B2)在异常设备上不同次数的流片,此种情况的剥离类似对 TFT 进行清洗,然后测试 TFT 性能,确认清洗次数与 I_{off} 的关系。在上述测试结果基础上提出剥离液中的 Al 离子导致寄生栅极效应,该效应导致 TFT I_{off} 偏高的观点。

2.2 TRIZ 解决方案

对于寄生栅极效应导致的漏电流,从 TRIZ 流分析角度切入,该漏电流属于有害流。结合流分析抑制有害流的方法输出解决方案,并对方案的可行性进行评估。然后结合产线实际,筛选出可以执行的改善方案:钝化层成膜前处理强化将背沟道粗糙化、钝化层膜厚增加。

2.3 改善方案的验证

在钝化层成膜阶段,采用 CVD 进行 SiN_x 成膜,成膜前采用 N₂ 等离子体处理。钝化层成膜前采用 3 种成膜方式:正常成膜、成膜前处理等离子体功率增强、钝化层膜厚增加。钝化层成膜完成后,进行公共电极成膜、光刻、刻蚀,最后在异常设备上公共电极光刻胶剥离,确认改善方案对 I_{off} 偏高的抑制程度。各项实验和样品代码如表 1 所示。

表 1 实验条件汇总

Tab. 1 Summary of experimental conditions

实验区块	探究内容	TFT 样品编号
区块一	正常设备、异常设备的光刻胶剥离液成分差异	—
	剥离液中金属离子浓度与 I_{off} 的关系	A1~A3
区块二	公共电极光刻胶剥离制程剥离次数对 I_{off} 的影响	A4~A6
	Array 制程完成后采用公共电极光刻胶剥离清洗次数与 I_{off} 的关系	B1、B2
区块三	钝化层成膜前等离子体处理抑制寄生栅极效应	C1~C3
	钝化层膜厚增加抑制寄生栅极效应	D1、D2

3 实验结果与分析

3.1 I_{off} 偏高情况与剥离液中的金属离子

在公共电极光刻胶剥离光刻胶剥离制程中，正常设备和异常设备对应的 I_{off} 情况如图 2 所示。可以看出异常设备流片后 I_{off} 均偏高，电视 (TV) 产品的偏高程度大于笔记本电脑 (Notebook, NB) 产品。对正常设备和异常设备的剥离液采用电感耦合等离子体 (ICP) 光谱测试成分，其结果如表 2 所示，从表中可看出异常设备中剥离液

中 Al 离子浓度高。正常设备对应公共电极光刻胶剥离，而异常设备既要对应公共电极光刻胶剥离又要对应源漏电极光刻胶剥离。源漏电极材料是 Al、Mo/Al/Mo 膜层结构。Al 属于两性金属，既溶于酸又溶于碱。剥离液呈碱性，在进行源漏电极光刻胶剥离过程中，源漏电极中的部分 Al 会溶于剥离液，故剥离液中含有 Al 离子。如果源漏电极光刻胶剥离流片增加，溶解的 Al 也逐渐增加，那么剥离液中的 Al 离子浓度也逐渐增加。

3.2 Al 离子浓度与剥离次数与 I_{off} 的关系

对于专用的源漏电极光刻胶剥离设备，流片数量增加，剥离液中的 Al 离子浓度逐渐增加。在不同 Al 离子浓度下，于专用的源漏光刻胶剥离设备上进行公共电极光刻胶剥离流片。Al 离子浓度与 I_{off} 的关系如图 3 所示，Al 离子浓度增加， I_{off} 呈上升趋势。当剥离液中的 Al 离子浓度由 1×10^{-8} 上升到 2.189×10^{-6} 时， I_{off} 由 3.56 pA 上升到 7.56 pA。对需要进行公共电极光刻胶剥离的样品，在专用源漏电极光刻胶剥离设备上进行不同次数的流片。此外，将完成阵列制程的样品在专

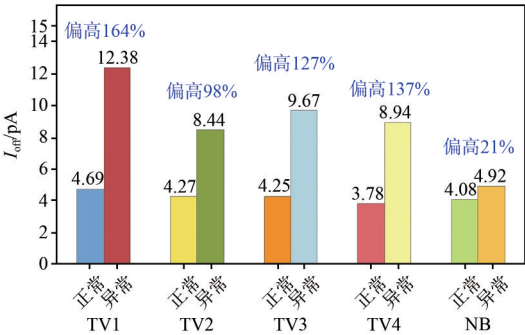


图 2 正常设备与异常设备对应的 I_{off} 情况
Fig. 2 I_{off} corresponding to normal equipment and abnormal equipment

表 2 正常设备与异常设备剥离液成分对比
Tab. 2 Comparison of stripper composition between normal equipment and abnormal equipment

组分	单位	正常设备	异常设备
Al	$\times 10^{-9}$	9.4	443.3
NMF	$\times 10^{-2}$	51.38	51.65
MDG	$\times 10^{-2}$	47.06	46.97
Amine	$\times 10^{-2}$	1.5	1.36
Additive	$\times 10^{-2}$	0.07	0.02
光刻胶	$\times 10^{-2}$	1.71	2.04

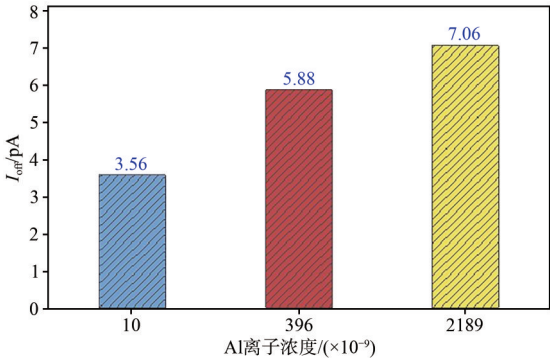


图 3 剥离液中 Al 离子浓度与 I_{off} 的关系
Fig. 3 Relationship between Al ion concentration and I_{off} in stripper

用的源漏电极光刻胶剥离设备上进行不同次数流片, TFT 的 I_{off} 与流片次数的关系如图 4 所示。与正常样品对比, 异常设备流片对应的 TFT 器件 I_{off} 偏高。而且异常设备流片次数增加, TFT 器件的 I_{off} 呈增加趋势。

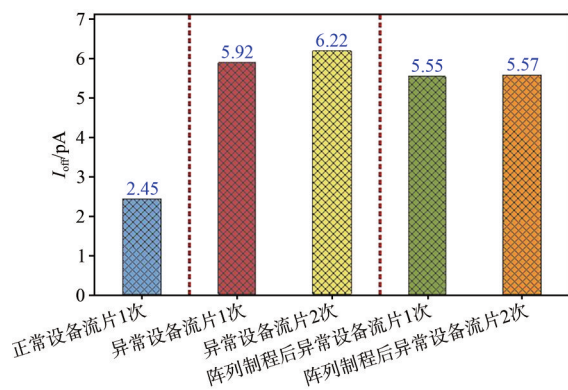


图 4 流片次数与 I_{off} 的关系

Fig. 4 Relationship between stripping time and I_{off}

不同剥离次数对应的 TFT 转移曲线如图 5 所示。图 5(a) 反映公共电极光刻胶剥离在异常设备流片不同次数的转移曲线; 图 5(b) 反应阵列制程完成之后, 在异常设备流片不同次数所对应的转移曲线; 图 5(c) 代表正常样品与异常设备流

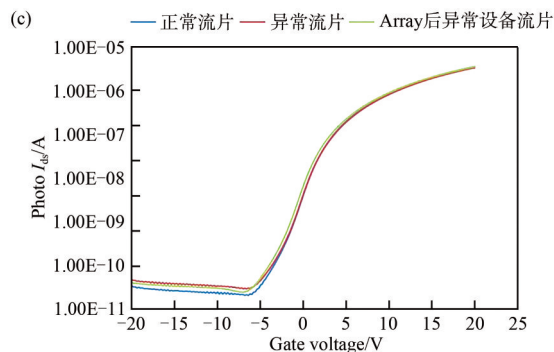
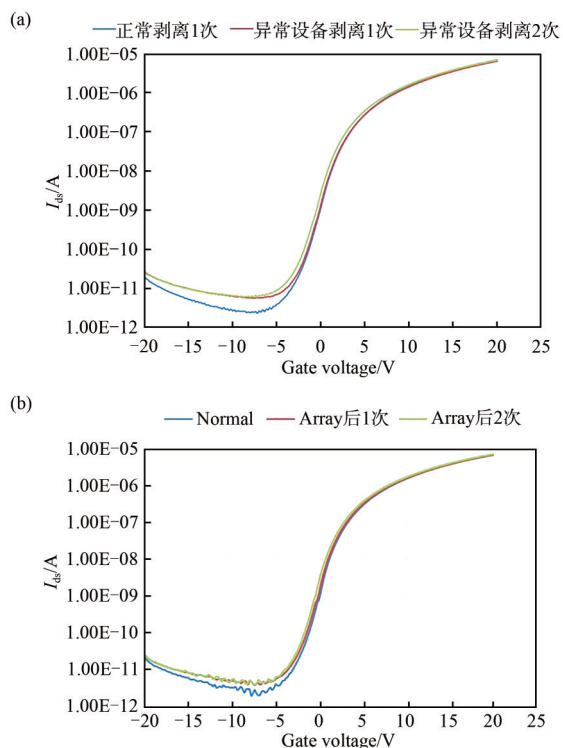


图 5 不同剥离次数下的转移曲线。(a) 公共电极光刻胶剥离在异常设备流片不同次数; (b) 完成阵列制程的样品在异常设备流片不同次数; (c) 光照下的正常样品与异常样品。

Fig. 5 Transfer curves with different stripping time. (a) Different times for Com ITO strip in abnormal equipment; (b) Different times for TFT after Array process in abnormal equipment; (c) Normal samples and abnormal samples under illumination.

片 1 次 (公共电极光刻胶剥离在异常设备进行, 阵列制程完成后再于异常设备流片) 在光照条件下的转移曲线。从图 5 可以看出, 一旦在异常设备流片, 转移曲线的尾部均上翘, 即 I_{off} 升高。

3.3 Al 离子导致寄生栅极效应

结合上述情况, 推测 TFT 器件 I_{off} 偏高是因 Al 离子的寄生栅极效应导致。寄生栅极效应的形成过程如图 6 所示。

正常的 TFT 器件是由栅极、栅极绝缘层、a-Si、源漏极构成的底栅型器件。当该器件处于关闭状态, a-Si 的背沟道存在漏电流 I_{off} , 如图 6(a) 所示。

寄生栅极形成及作用过程如图 6(b) 所示: Al 离子溶于光刻胶剥离液, 剥离液附着在基板上从剥离区间传输到水洗区间, 在水洗过程中剥离液与水接触。剥离液中含有乙醇胺, 该物质遇水会生成 OH^- [18]。生成的 OH^- 与 Al^{3+} 反应会生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 会分解成稳定的 Al_2O_3 颗粒。 Al_2O_3 颗粒附着在 TFT 器件沟道上方的钝化层层。当 TFT 器件的源漏极施加电压时, Al_2O_3 颗粒在电场极化下带电, 充当寄生栅极的角色 [19]; 钝化层则充当了栅极绝缘层的角色。此时, Al_2O_3 颗粒、钝化层、a-Si 和源漏极构成一个顶栅型器件。顶栅 TFT 器件开启, a-Si 背沟道聚集电荷并移动, 这样导致 TFT 器件的 I_{off} 偏高。无论是公共电极光刻胶剥离在异常设备流片, 还是

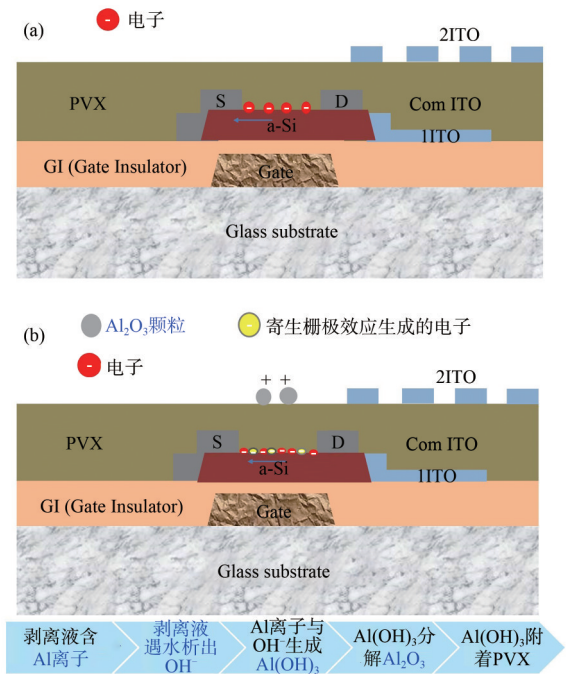


图 6 寄生栅极效应形成过程与作用机理。(a) 无寄生栅极；(b)有 Al₂O₃ 寄生栅极。
Fig. 6 Formation process and mechanism of parasitic gate effect. (a) Without Al₂O₃ parasitic gate; (b) With Al₂O₃ parasitic gate.

TFT完成阵列制程后在异常设备流片,均会诱发寄生栅极效应,导致TFT I_{off} 增加。因为电视产品对应的TFT器件,其宽长比(W/L)大于笔记本电脑产品,在同样的寄生栅极效应下,电视产品TFT的 I_{off} 增加程度更大。

3.4 基于TRIZ流分析的解决方案

TRIZ是由拉丁语 Teoriya Resheniya Izo-bretatel skikh Zadatch的首字母缩写而成,意思是发明问题解决理论。TRIZ的俄文缩写为ТРИЗ,

译作发明家式的解决任务理论。TRIZ是由阿奇苏勒及其团队在研究几百万件专利的基础上总结提取的一套方法,包含了问题分析、问题解决、方案验证等阶段,问题解决阶段的工具包括发明原理、功能导向搜索、物场模型、科学效应、克隆问题、流分析。对于寄生栅极效应导致TFT器件的漏电流偏高,在此选择流分析工具进行解决。因为漏电流 I_{off} 对于TFT器件而言是有害的,希望 I_{off} 越小越好,故将 I_{off} 视作有害流。在寄生栅极效应中,顶栅TFT是处于开启状态,抑制寄生栅极效应电流即是抑制顶栅TFT的开态电流(I_{on})。 I_{on} 的公式如式(1)所示^[7]:

$$I_{on} = -(W/L) \times \mu \times C \times [(V_g - V_{th})V_{ds} - 0.5 V_{ds}^2], \quad (1)$$

其中, W/L 为TFT器件沟道宽长比, μ 为迁移率, C 为栅极绝缘层单位电容, V_{th} 为阈值电压, V_g 、 V_{ds} 分别为栅压和源漏极电压。寄生栅极效应主要通过影响 C 和 μ ,进而影响 I_{on} 。若要抑制寄生栅极电流 I_{on} ,则降低钝化层单位电容 C 和背沟道位置的迁移率 μ 即可。

单位面积电容的计算公式如式(2)所示:

$$C = \epsilon / (4\pi k \times d), \quad (2)$$

其中, ϵ 为绝缘层的介电常数, k 为静电常量, d 为绝缘层的厚度。

可见,降低绝缘层的 ϵ ,增加膜厚 d ,均可降低单位电容 C ,进而降低器件的寄生栅极电流 I_{on} 。

将流分析降低有害流的措施和式(1)、(2)进行结合,获得降低寄生电流的方案,并对方案进行评估,方案和评价信息如表3所示。基于方案简单易行、不引入其他缺陷的原则,选择出抑制寄生栅极电流的措施:沟道粗糙化,增加载流子散

表 3 降低寄生电流的TRIZ方案
Tab. 3 Solutions for reducing parasitic currents

减少有害流的措施	解决方案	解决方案的弊端	方案可行性
增加有害流的长度	TFT器件沟道宽度 L 增加	底栅TFT开态电流 I_{on} 下降	否
降低有害流的密度	增加钝化层厚度,降低寄生电容	透过率下降,但可控	可行
	降低钝化层介电常数,降低寄生电流	钝化层成膜质变化,需进行信赖性测试	否
减少有害流的导通性	钝化层成膜前等离子体处理延时,背沟道粗糙化	无	可行
	钝化层成膜前等离子体处理功率增加,背沟道粗糙化	无	可行

射程度(延长等离子体处理时间、增加等离子体功率来实现);钝化层膜厚增加,降低寄生电容。

3.5 改善方案的验证

3.5.1 背沟道粗糙化

钝化层成膜前会对样品进行等离子体处理,可以去除样品表面异物、钝化背沟道。对等离子体处理时间延长、功率增加,使得等离子体将背沟道粗糙化,增加寄生电荷的散射,进而降低寄生电流。

将等离子体处理方案验证的样品分为 3 个类别,分别对应正常条件、处理时间延长、处理功率增加,分别记作 C1、C2、C3。完成该处理之后,C1、C2 和 C3 按照同样的工艺条件完成阵列制程。对 C1、C2 和 C3 在光照条件下测试 TFT 性能,获得漏电流数据;将 C1、C2 和 C3 在异常剥离设备上流片,流片结束后再测试光照条件下的漏电流。对比流片前后的漏电流差异,计算漏电流 I_{off} 增加的百分比,以 C1 作为对比基准,确认背沟道粗糙化对抑制寄生电流的效果。

背沟道粗糙化的实验结果如图 7 所示,C1 为基准, I_{off} 增加比例为 49.36%。C2 对应等离子体处理时间延长,C3 对应等离子体处理功率增加。等离子体处理时间延长, I_{off} 的增加反而恶化,均值增加,离散程度也增加。等离子体处理功率增加, I_{off} 增加受到缓解,但是 I_{off} 增加的离散程度恶化。

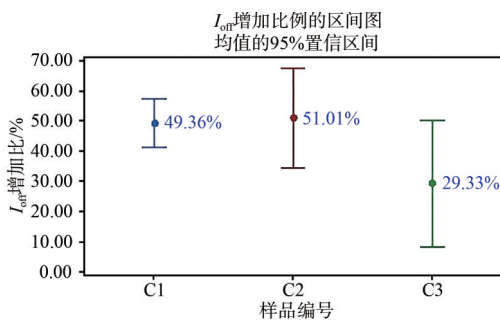


图 7 背沟道粗糙化对寄生栅极效应的抑制

Fig. 7 Suppression of parasitic gate effects by back channel roughening

3.5.2 PVX 膜厚增加

增加 PVX 成膜时间,即可增加 PVX 膜厚。将样品分为两个类别,PVX 膜厚分别为正常和加厚,分别记作 D1 和 D2。样品 D1 和 D2 在完成阵列制程后,在光照条件下测试 TFT 性能,获得 I_{off} 数据;接着,将样品 D1 和 D2 在异常剥离设备上上

流片,流片结束后再测试光照条件下的漏电流。对比流片前后的漏电流差异,计算漏电流 I_{off} 增加的百分比。

钝化层膜厚增加的实验结果如图 8 所示,厚度增加, I_{off} 增加趋势受到抑制,且 I_{off} 增加的离散化程度也得到了改善。

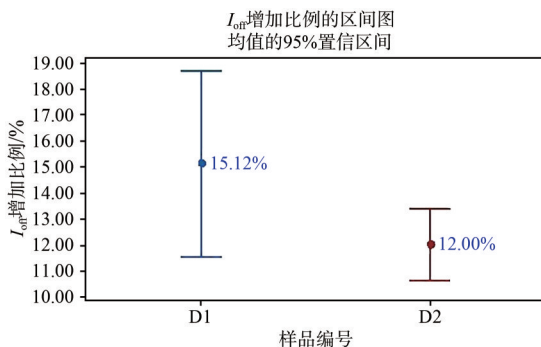


图 8 PVX 膜厚增加对寄生栅极效应的抑制效果

Fig. 8 Suppression effect of increasing PVX film thickness on parasitic gate effects

4 结 论

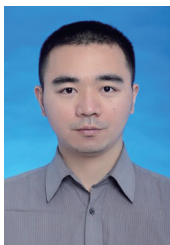
本文对光刻胶剥离制程导致 TFT 器件 I_{off} 异常增加问题进行解析,发现剥离液中的 Al 离子浓度与 I_{off} 呈正相关关系。其次,当剥离液中的 Al 离子浓度稳定时,样品在剥离设备流片次数增加, I_{off} 亦是增加。经确认,剥离液中的 Al 离子生成氧化铝颗粒附着在 TFT 器件背沟道上方的钝化层,该颗粒充当寄生栅极,寄生栅极效应导致 TFT 器件的 I_{off} 偏高。

为规避 Al 离子造成的寄生栅极效应,TFT 器件的源漏电极光刻胶剥离和公共电极光刻胶剥离各自需要专用的设备进行流片,两个制程不要混合流片。若产能吃紧,需要对源漏电极光刻胶剥离和公共电极光刻胶剥离制程进行混合流片,为抑制寄生栅极造成 I_{off} 增加的问题,需增加 TFT 器件背沟道的粗糙程度、增加钝化层厚度。对 TFT 器件的背沟道进行强化等离子体处理,使得背沟道粗糙化, I_{off} 增加程度缓解(49%→29%);增加钝化层的厚度,寄生栅极效应导致的 I_{off} 增加程度缓解(15%→12%)。该项研究为阵列产线设备生产运营提供了参考,亦为 TFT 器件降低 I_{off} 、确保产品良率提高了参考。

参 考 文 献:

- [1] 李继军, 聂晓梦, 李根生, 等. 平板显示技术比较及研究进展[J]. 中国光学, 2018, 11(5): 695-710.
LI J J, NIE X M, LI G S, *et al.* Comparison and research progress of flat panel display technology [J]. *Chinese Optics*, 2018, 11(5): 695-710. (in Chinese)
- [2] 李继军, 聂晓梦, 甄威, 等. 显示技术比较及新进展[J]. 液晶与显示, 2018, 33(1): 74-84.
LI J J, NIE X M, ZHEN W, *et al.* New developments and comparisons in display technology [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(1): 74-84. (in Chinese)
- [3] 吴诗聪. Mini-LED: 助力下一轮 LCD 技术发展[J]. 光电子技术, 2018, 38(3): 145-148.
WU S C. Mini-LED: next round of LCD evolution [J]. *Optoelectronic Technology*, 2018, 38(3): 145-148. (in Chinese)
- [4] 廖燕平, 宋勇志, 邵喜斌, 等. 薄膜晶体管液晶显示器显示原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
LIAO Y P, SONG Y Z, SHAO X B, *et al.* *Thin Film Transistor Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2012. (in Chinese)
- [5] 刘丹, 刘毅, 黄中浩, 等. 栅极坡度角对 TFT 器件制程的影响[J]. 液晶与显示, 2020, 35(10): 1026-1035.
LIU D, LIU Y, HUANG Z H, *et al.* Influence of gate profile on TFT manufacturing process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(10): 1026-1035. (in Chinese)
- [6] 刘丹, 黄晟, 黄中浩, 等. 真空干燥参数对 TFT 栅极光刻性能的影响[J]. 半导体光电, 2021, 42(4): 504-510.
LIU D, HUANG S, HUANG Z H, *et al.* Effect of vacuum drying parameters on gate photolithography performance of TFT [J]. *Semiconductor Optoelectronics*, 2021, 42(4): 504-510. (in Chinese)
- [7] 谢振宇. a-Si TFT 用氮化硅薄膜的制备及其性能研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2007.
XIE Z Y. Preparation and properties of silicon nitride thin films for a-Si TFT [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2007. (in Chinese)
- [8] YAMAKAWA S, YABUTA S, BAN A, *et al.* Plasma treatment effect on the off current characteristics of a-Si TFT [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 1998, 29(1): 443-446.
- [9] KANG S G, BAE S C, CHOI S Y. The effect of back channel hydrogen plasma treatment on the electrical characteristics of amorphous thin film transistors [J]. *Applied Physics Letters*, 2000, 77(8): 1188-1190.
- [10] YI C, RHEE S W, PARK S H, *et al.* Effect of back-channel plasma etching on the leakage current of a-Si:H thin film transistors [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2000, 39(3R): 1051-1053.
- [11] LIU Y T, LEE H H, HWANG H J, *et al.* Reduction of photo leakage current of hydrogenated amorphous silicon thin film transistors [J]. *Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers*, 2008, 29(5): 373-379.
- [12] CHOI Y J, LIM B C, WOO I K, *et al.* Low photo-leakage current amorphous silicon thin film transistor with a thin active layer [J]. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2000, 266-269: 1299-1303.
- [13] LIN H C, HO K Y, HSU C C, *et al.* Suppression of photo-leakage current in amorphous silicon thin-film transistors by n-doped nanocrystalline silicon [J]. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2011, 44(47): 475401-475405.
- [14] CHOI J H, KIM C S, KIM S K, *et al.* Effect of Cl incorporation on the performance of amorphous silicon thin film transistors [J]. *Journal of Applied Physics*, 1997, 82(8): 4081-4085.
- [15] WANG M C, CHANG T C, LIU P T, *et al.* Photo-leakage-current characteristic of F incorporated hydrogenated amorphous silicon thin film transistor [J]. *Applied Physics Letters*, 2007, 90(19): 192114.
- [16] WANG M C, CHANG T C, LIU P T, *et al.* Source-drain barrier height engineering for suppressing the a-Si:H TFTs photo leakage current [J]. *Thin Solid Films*, 2007, 516(2/4): 470-474.
- [17] WANG M C, CHANG T C, LIU P T, *et al.* Schottky barrier height for the photo leakage current transformation of a-Si:H TFTs [J]. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 2007, 10(10): J123-J125.
- [18] 刘丹, 秦刚, 王任远, 等. 阵列基板栅极制程的 Cu 腐蚀研究[J]. 液晶与显示, 2018, 33(9): 717-724.
LIU D, QIN G, WANG R Y, *et al.* Cu corrosion of array substrate in gate process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(9): 717-724. (in Chinese)
- [19] 谷至华. 薄膜晶体管(TFT)阵列制造技术[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2007.
GU Z H. *Thin Film Transistor Array Manufacturing Technology* [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2007. (in Chinese)

作者简介:



刘丹(1988—),男,重庆忠县人,博士研究生,高级工程师,2014年于四川大学取得硕士学位,主要从事光刻、刻蚀、TFT性能提升等方面的研究。
E-mail:ld54400398@163.com



黄中浩(1986—),男,重庆人,博士,高级工程师,2014于中国科学院大学获得博士学位,主要从事非晶硅和氧化物半导体薄膜晶体管工艺和器件方面的研究。
E-mail:huangzhonghao@boe.com.cn